



# جمعية المهندسين الملكيين بالبحرين

الفترة الثانية من السنة الثامنة عشر

١٣٧

محاضرة عن

ميل مؤذنتي جامع المغفور له  
محمد علي باشا بالقلعة

لصاحب العزة امام بك شعبان  
الأستاذ بكلية الهندسة

أقيمت بجمعية المهندسين الملكية  
بتاريخ ٣١ مارس سنة ١٩٣٨

حقوق الطبع محفوظة للجمعية

ESEN-CPS-BK-0000000313-ESE

00426395



# جمعية المهندسين الملكيين بالقيرونة

النشرة الثانية من السنة الثامنة عشر

١٣٧

محاضرة عن

ميل مؤذنتي جامع المغفور له  
محمد علي باشا بالقلعة

أصاحب العزة امام بك شعبان  
الأستاذ بكلية الهندسة

أقيمت بجمعية المهندسين الملكية  
بتاريخ ٣١ مارس سنة ١٩٢٨

حقوق الطبع محفوظة للجمعية

الجمعية ليست مسؤولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء .  
تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية  
يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الاسود  
(شيفى) ويرسل رسمها .

# ميل مئذنتي جامع

المغفور له محمد علي باشا بالقلعة

وحرکتها الدورية اليومية

قبل أن أتسكلم عن الميل الاصلی لمئذنتی مسجد المغفور له محمد علی باشا بالقلعة  
وحرکتها الدورية اليومية لابد من وصف بسيط لهذا الجامع قبل إجراء عملية ترميمه  
حتى نعرف أسباب الميل الاصلی والحركة اليومية الدورية .  
إذا راجعنا إلى شكل ( ١ ) نرى أن الجامع يتكون :

أولاً — من أربع حيطان رئيسية تكون مربعاً طول ضلعه ٤٣ متراً و يبلغ  
ارتفاع تلك الحيطان ٢٤,٣٠ متراً وسمكها من أسفل ٢,٢٠ متراً و يقل سمكها  
تدريجياً حتى تصبح ١,٩٠ متراً من أعلى .

ثانياً — من أربع أعمدة مربعة المقطع .

ثالثاً — من قبة كبيرة وسط الجامع وأربع قباب صغيرة في أركانها الأربعة  
ومن أربع أنصاف قباب ونصف قبة خامسة أوسطى من السابقة فوق القبلة .

والقباب جميعها وأنصافها محملة على مجموعة من عقود مرتكزة على الأعمدة  
الأربعة وعلى أربعة الحيطان الخارجية أي أن سقف الجامع محمل على هذه الأعمدة

والحيطان . ويبلغ عمر الجامع حوالى ١٠٠ سنة وبني من حجر الدستور الجيرى ومونة الجير ، أما القباب فكانت مبنية من الطوب .

وقد تكونت لجنة فى ديسمبر سنة ١٩٣١ لفحص ما بالجامع من خلل ولأصلاحه — وكانت دهشة هذه اللجنة عظيمة على أثر زيارتها الأولى للجامع بسبب ما رآته من شروخ خطيرة فى معظم أجزاء الجامع الرئيسية .

ولما كان من المسلم به أن أول سبب يتبادر إلى ذهن المهندس عند البحث عن أسباب ما ينتاب الأبنية الضخمة من خلل هو اختلال أساساتها لذلك رأت اللجنة قبل الحكم على حالة أبنية الجامع أنه من الضروري فحص أساساته فحفا دقيقا — ولذلك حفرت اللجنة حفر استكشاف عميقة فى داخل الجامع وخارجه حتى اخترقت سطح الطبقة الصخرية المقام عليها الجامع — وكانت نتيجة هذا الفحص أنه ليس بأساسات الجامع أى عيب حيث أنها ترتكز على سطح صخرى وأبعادها كافية بل وأكثر من اللازم وفى حالة جيدة وقادرة تماما على حمل ما هو واقع عليها من الأتقال ويعنى آخر أن لا دخل للأساسات فى الشروخ التى كانت بالجامع .

لذلك وجهت اللجنة بحثها نحو فحص القباب واختبار مواد انشائها فكانت النتيجة أن الجهود التى بها ومقاومة المواد التى أنشئت منها لم تكن السبب فى الشروخ ثم وجهت اللجنة فحفا نحو حساب الضغوط الرأسية على الأعمدة الأربعة والحيطان الأربعة الرئيسية فكانت النتيجة أن الضغوط المسببة من الأحوال الرأسية فى نطاق المسموح به ما عدا ما هو واقع منها على الأعمدة الرئيسية الأربعة ، وسأعود إلى هذه النقطة مرة أخرى .

ولما اتضح للجنة أن الاساسات والقباب والحيطان لم تكن السبب في حصول الشروخ أعادت فحص نفس الشروخ فوجدتها على نوعين . النوع الأول ولو أنه كثير العدد إلا أنه قصير وضيق ومحلى — والنوع الثانى متسع وطويل — واتضح أن السبب في حدوث النوع الأول هو تأكسد الكانات الحديدية التى كانت وضعت لتربط الاحجار ببعضها على أمل زيادة متانة المباني إذ عند ما وصلت الرطوبة إلى تلك القضبان تأكسدت فتمددت فتشقت الاحجار فنشأ هذا النوع من الشروخ المحلية شكل ( ٢ ) ومع ذلك فهذا النوع من الشروخ ليس من الاهمية كالنوع الثانى الذى سأقول كلمة عنه الآن .

النوع الثانى كانت شروخه طويلة ومتسعة وسببها أن الاربطة الحديدية التى تربط الأربعة العقود لم تكن مثبتة عند أطرافها أى عند أرجل العقود بدرجة كافية أى أنها لم تقاوم الشد الواقع عليها مع أن مقطعها فى حد ذاته كان كافيا لذلك حصلت شروخ عند أرجل العقود فالتسعت فتحات العقود وأصبحت الاربطة فى حالة ارتخاء أى سائبة وغير قاعمة بوظيفتها وعليه انتقل رقص العقود إلى الأعمدة الأربعة الحاملة لها ومن هذه إلى الحيطان الخارجية مع أن تلك الأعمدة والحيطان لم تصمم عند بدء الأمر لمقاومة قوى أفقية ناشئة من رقص العقود فكانت النتيجة حدوث شروخ وخلل فى جميع أجزاء المسجد بشكل فظيع إذ مالت الحيطان الرئيسية الأربعة إلى الخارج ومعها المئذنتان وتشرخت الزوايا والعقود والقباب وقم الأعمدة الأربعة شكل ( ٣ ٤ ٥ ٦ )

إذن السبب فى حدوث شروخ النوع الثانى هو ضعف مقاومة المباني عند نقط اتصال أطراف الاربطة الحديدية بالعقود ، ولما وقفت اللجنة على أسباب

الشروخ ووجهت نظرها نحو أمر في غاية الأهمية ألا وهو هل حركة التصدع وصلت إلى أقصى حد ووقفت أم ما زالت مستمرة ؟ — يمكن معرفة هذا الأمر بأحدى الوسائل الأربع الآتية :

أولا — بالرجوع إلى ما كتب من تقارير عن وصف الشروخ وحالة المبنى في الأزمنة المختلفة ولكن بالأسف لم تعثر اللجنة على أى تقرير في هذا الشأن .  
ثانيا — بتقدير عمر الشروخ وذلك بملاحظة شكلها وهذا بالطبع لا يعتمد عليه كثيرا وحتى من هذه الناحية قد وجدت اللجنة أنه ولو أن معظم الشروخ يظهر أنها قديمة إلا أن شروخا كثيرة بها تفرعات حصلت بعد الأصلية بفترة طويلة — كما اتضح للجنة أن شروخا قليلة حصلت هي وتفرعاتها حديثا خصوصا بالنسبة للشروخ التي شوهدت بالمبنى المجاورة لاطراف الأربطة الحديدية أى عند أرجل العقود .

ثالثا — بواسطة البحث عن ترميمات سابقة ومن هذه الناحية وجدت اللجنة أن وزارة الاوقاف قد حاولت تقوية قمم الاعمدة الاربعة الرئيسية حيث كانت بها شروخ نتجت عن سببين :

الأول — شدة الضغط الرأسى عليها كما قلت سابقا .

الثانى — عدم قدرتها على مقاومة الشد الواقع على الاربطة الحديدية للعقود .  
وبالأسف لم تنجح هذه المحاولة حيث أن الحويطات التي استعملت لم تكن بالطول الكافى فى شكل ( ٦ )

رابعا — بوضع شواهد من الجبس فى الشروخ وملاحظتها فان تشققت كانت الحركة مستمرة ومن هذه الناحية تشققت الشواهد التي وضعتها اللجنة



في الشروح التي بقلم الاعمدة مما دل على أن حركة التصدع كانت مستمرة شكل (٧) .

من ذلك كله استنتجت اللجنة أن التصدع مستمر وأكبر دليل محسوس على ذلك هو ما قُت به من إرصاد لايجاد مقدار واتجاه ميل كل من المثلثتين في سنة ١٩٣٢ ، ١٩٣٣ ، ١٩٣٤ ، ١٩٣٥ لمعرفة إن كان هناك زيادة في الميل .  
والآن اشرح تلك الارصاد .

سبق علمنا أن الحركة كانت إلى الخارج بسبب رفض العقود إذن المنتظر أن تميل المثلثة البحرية في اتجاه منصف الزاوية البحرية تقريبا والمثلثة القبلية في اتجاه منصف الغربية تقريبا شكل (٨) .

وهذا ما دلت عليه الارصاد التي قُت بها على المثلثتين كما أتت تلك الارصاد قد دلت على أن الميل يزداد سنة بعد أخرى مما جعل اللجنة تنصح سنة ١٩٣٤ بالاسراع في ترميم المسجد قبل حدوث كارثة لا سمح الله . والحقيقة أن موقف المثلثتين بالنسبة للخلل الذي كان بالجامع كموقف ميزان الحرارة للمحموم إذ كلاهما يدل على الحالة بالضبط



بعد ذلك عيئت النقطة بَ في الاتجاه المار بمركز قاعدة المثانة ح  
وعمودى على مستوى محصلة ميلها . وكذا عيئت النقطة أ بالنسبة للمثانة و  
شكل (١٠)

ثم وضعت التيودوليت في كل من بَ أ ورصدت المثانتين بالنسبة  
لاتجاه أساسى مختار وحسبت مقدار تحرك مركز كل مقطع في مايو للسنوات  
١٩٣٢ ١٩٣٣ ١٩٣٤ ١٩٣٥ ( بعد هدم المقود والقباب )  
ونلاحظ أنه عند توقيع الميل بالنسبة للارتفاعات المختلفة على ورق المربعات  
نجدها لا تقع على خط مستقيم كما هو الواجب فلايجاد الميل المحتمل للمحور المائل  
للمثانة نطبق نظرية أقل مجموع لمربعات التصحيحات كما يتضح من العمليات  
الرياضية الآتية :

لوفرضنا  $\mu$  ميل المرصود عند الارتفاعات  
ع<sub>١</sub> ع<sub>٢</sub> ع<sub>٣</sub> ... ع<sub>ن</sub> على التناظر كما هو مبين بالجداول الآتية بعد  
وبشكل (١١) وبفرض محور المثانة يميل بزاوية قدرها  $\alpha$  مع الرأس وأن  $\alpha = ١$   
فان القيمة المحتملة للعقدار ه هي التى ينتج عنها أقل مجموع لمربعات الازخطاء  
ف<sub>١</sub> ف<sub>٢</sub> ف<sub>٣</sub> ... ف<sub>ن</sub> أى أن  
ف<sub>١</sub> + ف<sub>٢</sub> + ... + ف<sub>ن</sub> يجب أن يكون أقل ما يمكن .  
ف = القيمة المرصودة - القيمة المحتملة .

$$= \mu - ع_١$$

$$= \mu - ع_٢$$

$$= \mu - ع_٣$$

$$= \mu - ع_n$$

∴  $(\text{هـ ع}_1 - \text{م}_1)^2 + (\text{هـ ع}_2 - \text{م}_2)^2 + \dots + (\text{هـ ع}_n - \text{م}_n)^2$   
يجب أن يساوى أقل ما يمكن

هذا المقدار يساوى أقل ما يمكن عندما تكون الكميات التفاضلية له  
بالنسبة للمقدار هـ = صفر

نجري التفاصيل بالنسبة للمقدار هـ

$$\begin{aligned} & -\text{ع}_1(\text{م}_1 - \text{هـ ع}_1) + \text{ع}_2(\text{هـ ع}_2 - \text{م}_2) - \dots - \text{ع}_n(\text{م}_n - \text{هـ ع}_n) = \text{صفر} \\ & \therefore -\text{ع}_1\text{م}_1 + \text{ع}_1\text{هـ ع}_1 + \text{ع}_2\text{م}_2 - \text{ع}_2\text{هـ ع}_2 - \dots - \text{ع}_n\text{م}_n + \text{ع}_n\text{هـ ع}_n = \text{صفر} \\ & \therefore -[\text{ع م}] + [\text{ع هـ}] = \text{صفر} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{هـ} [\text{ع هـ}] = [\text{ع م}]$$

$$\text{هـ} = \frac{[\text{ع م}]}{[\text{ع هـ}]}$$

ومن الجداول الآتية حسب هـ ظل زاوية الميل مع الرأسى للارصاد التي عملت  
في السنوات ١٩٣٢ ١٩٣٣ ١٩٣٤ ١٩٣٥ ١٩٣٦ ومنها حسب الميل المحتمل  
لكل من المثلثتين عند آخر مدماك أى على ارتفاع ٤٠,٦٥ مترا من قاعدة  
المثلثتين في السنوات الأربع المشار إليها :

## أرصاء المشنة البحريه - سنة ١٩٣٢

غرة القطع	م بالتر	ع بالتر	ع	ع
١	٠,١٥٧	٤٠,٦٥	٦,٣٨٢.٥	١٦٥٢,٤٢٢٥
٢	٠,١٤٦	٣٦,٧٥	٥,٣٦٥.٥	١٣٥٠,٥٦٢٥
٣	٠,١٣٤	٣١,٣٠	٤,١٩٤.٢٠	٩٧٩,٦٩٠٠
٤	٠,١١٦	٢٦,١٨	٣,٠٣٦.٨٨	٦٨٥,٣٩٢.٤
٥	٠,٠٩٤	٢٠,١٣	١,٨٩٢.٢٢	٤٠٥,٣١٦.٩
٦	٠,٠٧٤	١٥,٣٢	١,١٣٣.٦٨	٢٣٤,٧٠٢.٤
٧	٠,٠٥٢	١٠,٢٨	٠,٥٣٤.٥٦	١٠٥,٦٧٨.٤
المجموع			٢٢,٥٣٩.٩	٥٤١٣,٦٦٥.١

$$هـ = \frac{٢٢,٥٣٩.٩}{٥٤١٣,٦٦٥.١} = ٠.٠٤١٦٣٤$$

$$\text{والميل عند آخر مدماك} = ٤٠,٦٥ \times ٠.٠٤١٦٣٤ \times ١٠٠ =$$

$$= ١٦,٩ \text{ سم}$$

## المئذنة البحرية - سنة ١٩٣٣

نمرة القطع	م بالمت	ع بالمت	م ع	ع <sup>٢</sup>
١	٠,١٦٦	٤٠,٦٥	٦,٧٤٧٩٠	١٦٥٢,٤٢٢٥
٢	٠,١٦٦	٣٦,٧٥	٥,٩٥٣٥٠	١٢٥٠,٥٦٢٥
٣	٠,١٥١	٣١,٣٠	٤,٧٢٦٣٠	٩٧٩,٦٩٠٠
٤	٠,١٣٤	٢٦,١٨	٣,٥٠٨١٢	٦٨٥,٣٩٢٤
٥	٠,١٠٧	٢٠,١٣	٢,١٥٣٩١	٤٠٥,٢١٦٩
٦	٠,٠٨٢	١٥,٣٢	١,٢٥٦٢٤	٢٣٤,٧٠٢٤
٧	٠,٠٧٢	١٠,٢٨	٠,٧٤٠١٦	١٠٥,٦٧٨٤
المجموع			٢٥,٠٨٦١٣	٥٤١٣,٦٦٥١

$$٠,٠٠٤٦٣٣٨ = \frac{٢٥,٠٨٦١٣}{٥٤١٣,٦٦٥١} = هـ$$

والميل عند آخر مدماك  $١٠٠ \times ٠,٠٠٤٦٣٣٨ \times ٤٠,٦٥ =$

$$= ١٨,٨٠ \text{ سم}$$

## أرصاء المئذنة القبلية وسنة ١٩٣٢

نمرة القطع	م بالمتر	ع بالمتر	ع م	ع
١	٠,١٨٠	٤٠,٦٥	٧,٣١٧٠٠	١٦٥٢,٤٢٢٥
٢	٠,١٧٦	٣٦,٧٥	٦,٤٦٨٠٠	١٣٥٠,٥٦٢٥
٣	٠,١٦١	٣١,٣٠	٥,٠٣٩٣٠	٩٧٩,٦٩٠٠
٤	٠,١٢٣	٢٦,١٨	٣,٢٢٠١٤	٦٨٥,٣٩٢٤
٥	٠,١٠٧	٢٠,١٣	٢,١٥٣٩١	٤٠٥,٢١٦٩
٦	٠,٠٨٠	١٥,٣٢	١,٢٢٥٦٠	٢٣٤,٧٠٢٤
٧	٠,٠٣١	١٠,٢٨	٠,٣١٨٦٨	١٠٥,٦٧٨٤
٨	٠,٠١١	٥,١٤	٠,٠٥٦٥٤	٢٦,٤١٩٦
المجموع			٢٥,٧٩٩١٧	٥٤٤٠,٠٨٤٧

$$٠,٠٠٤٧٤٢٤ = \frac{٢٥,٧٩٩١٧}{٥٤٤٠,٠٨٤٧} = \text{هـ}$$

والميل عند آخر مدماك =  $١٠٠ \times ٠,٠٠٤٧٤٢٤ \times ٤٠,٦٥$

$$= ١٩,٢٨ \text{ سم}$$

## أرصاء المثذنة القبلية و سنة ١٩٣٣

نمرة القطع	م بالتر	ع بالتر	ع٢	ع٢
١	٠,١٨١	٤,٦٥	٧,٣٥٧٦٥	١٦٥٢,٤٢٢٥
٢	—	—	—	—
٣	٠,٢٨٣	٣١,٣٠	٥,٧٢٧٩٠	٩٧٩,٦٩٠٠
٤	٠,١٢٤	٢٦,١٨	٣,٢٤٦٣٢	٦٨٥,٣٩٢٤
٥	٠,١٠٨	٢٠,١٣	٢,١٧٤٠٤	٤٠٥,٢١٦٩
٦	٠,٠٧٢	١٥,٤٢	١,١٠٣٠٤	٢٣٤,٧٠٢٤
٧	٠,٠٥٢	١٠,٢٨	٠,٥٣٤٥٦	١٠٥,٦٧٨٤
٨	—	—	—	—
المجموع			٢٠,١٤٣٥١	٤٠٦٣,١٠٢٦

$$٠,٠٠٤٩٥٧٦ = \frac{٢٠,١٤٣٥١}{٤٠٦٣,١٠٢٦} = هـ$$

والميل عند آخر مدماك =  $١٠٠ \times ٠,٠٠٤٩٥٧٦ \times ٤,٦٥$

$$= ٢,١٠ سم$$



### المئذنة - البحرية سنة ١٩٣٤

ع	ع ٢	ع	م	نمرة القطاع
١٦٥٢,٤٢٢٥	٦,٩١٠٥	٤٠,٦٥	٠,١٧٠	١
١٣٥٠,٥٦٢٥	٥,٩٥٣٥	٢٦,٧٥	٠,١٦٢	٢
٩٧٩,٦٩٠٠	٤,٩٧٦٧	٣١,٣٠	٠,١٥٩	٣
٦٨٥,٣٩٢٤	٣,٤٨١٩	٢٦,١٨	٠,١٣٣	٤
٤٠٥,٢١٦٩	٢,١٩٤٢	٢٠,١٣	٠,١٠٩	٥
٢٣٤,٧٠٢٤	١,١٤٩٠	١٥,٣٢	٠,٠٧٥	٦
١٠٥,٦٧٨٤	٠,٥٥٥١	١٠,٢٨	٠,٠٥٤	٧
٥٤١٣,٦٦٥١	٢٥,٢٢٠٩			المجموع

$$٠,٠٠٤٦٥٨٧ = \frac{٢٥,٢٢٠٩}{٥٤١٣,٦٦٥١} = \text{هـ}$$

$$٠,٠٠٤٦٥٨٧ \times ١٠٠ \times ٤٠,٦٥ = \text{والميل عند آخر مدماك}$$

$$= ١٦,٩ \text{ سم}$$

المئذنة و القبيلة سنة ١٩٣٤

ع	ع ٢	ع	م	عرة القطاع
١٦٥٢,٤٢٢٥	٧,٦٤٢٢	٤٠,٦٥	٠,١٨٨	١
١٣٥٠,٥٦٢٥	٦,٦١٥٠	٣٦,٧٥	٠,١٨٠	٢
٩٧٩,٦٩٠٠	٥,١٢٣٢	٢١,٣٠	٠,١٦٥	٣
٦٨٥,٣٩٢٤	٣,٦١٢٨	٢٦,١٨	٠,١٢٨	٤
٤٠٥,٢١٦٩	٢,٣٥٥٢	٢٠,١٢	٠,١١٧	٥
٢٣٤,٧٠٢٤	١,٢٧١٦	١٥,٣٢	٠,٠٨٣	٦
١٠٥,٦٧٨٤	٠,٣٤٩٥	١٠,٢٨	٠,٠٣٥	٧
٢٦,٤١٩٦	٠,٠٨٧٤	٥,١٤	٠,٠١٧	٨
٥٤٤٠,٠٨٤٧	٢٧,٠٦٦٩			المجموع

$$٠,٠٠٤٩٧٥ = \frac{٢٧,٠٦٦٩}{٥٤٤٠,٠٨٤٧} = \text{هـ}$$

$$\text{والميل عند آخر مدمالك} = ٠,٠٠٤٩٧٥ \times ١٠٠ \times ٤٠,٦٥$$

$$= ٢٠,٢٢ \text{ سم}$$

والنتائج بالنسبة لأعلى المئذنة مبينة بالجدول الآتى شكل (١٠، ١٠أ).

السنة	المئذنة و القبلىة		المئذنة ح البحرىة	
	مقدار تحرك مركز أعلى المئذنة عن موقعه الصواب	التغير	مقدار تحرك مركز أعلى المئذنة عن موقعه الصواب	التغير
١٩٣٢	سم ١٩,٢٨	سم	سم ١٦,٩٠	
١٩٣٣	٢٠,١٠ +	٠,٨٢ +	١٨,٨٠ +	١,٩٠ + سم
١٩٣٤	٢٠,٢٥ +	٠,١٥ +	١٨,٩٤ +	٠,١٤ +
١٩٢٥	١٨,٩ -	١,٣٥ -	١٨,٧٠ -	٠,١٤ -

يتضح من الأرقام السابقة أن ميل المئذنتين كان مستمرا فى الازدياد لغاية ١٩٣٤ مما جعل اللجنة تنصح بالاسراع فى تنفيذ إصلاح الجامع قبل حدوث كارثة ولما كان السبب فى هذا الميل هو رفض العقود لذلك كان يخشى أن ترجع المئذنتين فجأة إلى الوراء عقب هدم العقود والقباب فيسقطان لذلك اشترطت اللجنة على المساولين أن يهتموا بالمحافظة على المئذنتين وأن يقدموا ضمن عطاءاتهم اقتراحاتهم بشأن الاحتياطات التى سيتبعونها فى المحافظة على المئذنتين أثناء عملية الإصلاح .

كان اقتراح الشركة التى قبل عطاؤها هو بناء بلاطتين من الاسمنت المسلح على ارتفاعين مختلفين فى الزاويتين المقام فيهما المئذنتين قبل هدم العقود والقباب كما هو موضح بشكل (١٢) .

والحمد لله لم يحصل إلا حركة رجعية بسيطة قسما فوجدتها ١٣٥٠ ملليمتر فى المئذنة القبلىة ، ١٤ ملليمتر فى المئذنة البحرىة على أثر هدم العقود والقباب .

وبما أن المقاتل كان مستولاً قانوناً على سلامة المئذنتين أثناء العمل فقد قام برصد المئذنتين باستمرار منذ شروعه في الترميم حتى تم ليكون على بينة من حالة المئذنتين على الدوام والرصد والذي قام به سأوضحه الآن .

استعمل المقاتل آلة الكلينومتر وهذه تظهر الميل لأقرب ثانية وسأبين أنه بهذه الآلة الدقيقة يمكن استكشاف أى ميل فى أعلى المئذنة ولو بسيط متى كان أكبر من ١٣ر١ ملليمتر .

سبق ذكرت أنه على أثر هدم العقود والقباب رجعت المئذنتان إلى الوراء وأصبحت المئذنة القبليّة مائلة بقدر ١٨ر٩ سم بدلاً من ٢٥ر٢٠ سم والمئذنة البحرية ٨٠ر١٨ سم بدلاً من ٩٤ر١٨ سم .

وبهدم القباب والعقود وزوال الضغط الأفقى من على المئذنتين وبزوال السبب ثبت ميلها وأصبح ميلاً ثابتاً مستديماً ، أى مزمناً وللتأكد من ثبات هذا الميل والمسئولية المقاتل عن سلامة المئذنتين أثناء الترميم اضطر لرصدها باستمرار فاستعمل آلة الكلينومتر وسأشرح الكلينومتر الآن .

## وصف الكليومتر

هو آلة دقيقة لقياس الميل استعملت لقياس ميل المقاطع المختلفة لمعدني الجامع عن الأفق قبل وأثناء وبعد إجراء الترميم شكل (١٣) وهو كما تراه في المقطع شكل (١٣) عبارة عن القضيب الثابت ب والقضيب المتحرك الذي يتحرك حول النقطة الثابتة و طرفه الأيمن م يتحرك إلى أعلى أو أسفل في الفتحة ك ومن الفقاعة ي المثبتة بالقضيب أ التي تدل عما إذا كان القضيب أ أفقياً أم لا . والقضيب أ يحمل على الزنك الصفيح م المرتكز على القضيب الثابت ب وهذا الزنبرك علاوة على أنه يحمل القضيب أ فإنه ينظم حركة القضيب أ من أعلى إلى أسفل فيسمح للطرف م بالمحيط بالتدريج حيث عند ما تلف الطارة ه إلى اليمين يلف معها المسار المتقاطع ح المثبت بها داخل الصامولة الثابتة ف فتتخفض نقطة التماس م فيميل القضيب أ كما أن هذا الزنبرك يضغط على القضيب أ من أسفل إلى أعلى فيجعل طرفه م دائماً ملاصقاً لطرف المسار ح فإذا لف المسار ح إلى اليسار ارتفعت النقطة م ويقوم الزنبرك بعمله هذا بما به من المرونة .

فاذا وضعنا الآلة فوق مستوى أفقى ولاحظنا روح التسوية ي وحركنا الطارة ه حتى تتزن الفقاعة كان القضيب أ أفقياً وفي هذه الحالة يجب أن يقرأ الدليل ه صفراً على المقياس س بفرض عدم وجود خطأ استدلال به .

أما اذا وضعنا الآلة على مستوى مائل بزاوية ص شكل ١٣ ب فإن الفقاعة تصبح غير متزنة فتتحريك الطارة ه يلف المسار المتقاطع ح معها حول الصامولة ف الثابتة فيرتفع أو ينخفض حسب ما تشير اليه الفقاعة حتى تتزن تلك الفقاعة ثم نقرأ المقياس س أمام الدليل ه .

وبضرب هذه القراءة فيما يساويه القسم الواحد من أقسام المقياس من  
النوائى الزاوية فنحصل على مقدار زاوية الميل من المطلوب إيجادها لأننا عندما  
نزن الققاعة يصبح م فى الوضع الأفقى وم أى أن الطرف م تحرك من م  
إلى م أى تحرك المسافة ع مم هذا معناه أن المسار المقلوظ ح تحرك المسافة ع  
ملايةترات أيضا وإذا فخصنا أقسام المقياس من تجددها ٢٥ قسما كبيرا وكل قسم  
كبير مقسم إلى عشرة أقسام صغيرة .

إذن عدد أقسام المقياس من جميعها = ٢٥٠ قسما .

ومن المعلوم أنه عند ماتلف الطارة ه لفة تامة يتحرك المسار ح خطوة أى  
مسافة مساوية للبعد بين سنتين شكل ( ١٣ ) والمسار ح صنع بخطوة = ٢٥ ر مم  
∴ كل ٢٥٠ قسم على المقياس من يعادلها خطوة أو ٢٥ ر مم رأسيا فى  
انجاء ع .

∴ المسافة ع يقابلها  $\frac{٢٥٠}{٢٥} ع = (١٠٠٠ ع)$  قسم على المقياس من .  
ومن شكل ( ١٣ ب ) .

ع = ل ظا ص وبما أن ص صغيرة فالمقدار ظا ص = ص  
بالتقدير الدائرى .

∴ ع = ل × ص ج أ ∴ ص ج أ =  $\frac{ع}{ل ج أ}$  ويقابلها ( ١٠٠٠ ع )

قسم من أقسام المقياس من

∴ كل قسم من أقسام المقياس من =  $\frac{ص}{١٠٠٠ ع}$  بالنوائى

وبوضع قيمة ص

$$\therefore \text{كل قسم من أقسام المقياس س} \times \frac{1}{1000 \text{ ع}} \times \frac{\text{ع}}{\text{ل جا آ}} = \frac{1}{1000 \text{ ل جا آ}}$$

$$\text{وبما أن ل} = 190 \text{ مم جا آ} = 4884 \times 10^{-6}$$

$$\therefore \text{كل قسم من أقسام المقياس س} = \frac{1}{1000 \times 190 \times 10^{-6} \times 4884} \text{ بالتوائى}$$

$$= 1,055 \text{ ثانية .}$$

وبما أنه يمكننا القراءة لأقرب قسم يتضح أنه بواسطة الكلينومتر هذا اكتشاف ميل قدره آ في أى مقطع من مقاطع المثلثة وهذا معناه بالرجوع إلى شكل ( ١٤ ) أنه بفرض حصول ميل قدره آ في المقطع الأعلى للمثلثة فالميل في المثلثة عند قمتها

$$3900 \times \text{م جا آ}$$

$$3900 \times \frac{1}{4} \text{ جا آ} = 4884 \times 10^{-6} \times 10 = 0,1 \text{ مم}$$

أى أنه يمكننا استكشاف ميل قدره ٠,١ مم في أعلى المثلثة بفرض أننا قرأنا لأقرب قسم هذا بفرض عدم تذبذب الفقاعة وبما أنه يصعب منع هذا التذبذب فالقراءة بها خطأ يبلغ ١٢ قسم أى ١٢ وعلى يمكننا استكشاف ميل قدره ١,١٣ مم بالحساب الآتى شكل ( ١٤ )

$$\text{الخطأ} = 3900 \times \text{م} \times 4884 \times 10^{-6}$$

وحيث أن  $\bar{m} = \frac{2}{3}$

$$\text{° الخطأ} = 3900 \times \frac{12}{4} \times 4,84 \times 10^{-7} \text{ مم}$$

$$= 1,13 \text{ ملليمتر في الطنف الأعلى}$$

والمقياس من مقسم إلى ٤٠ جزء

فاذا لفت الطارة ه لفة تامة يلف المقياس من  $\frac{1}{4}$  من محيطه بواسطة تروس معشنة ومتعامدة في عامود من وعامود من ونسبة عددها في من إلى عددها في س كنسبة ٢٥٠ إلى ٤٠ أى كنسبة ٢٥ : ٤ شكل (١٣) > وبالإالة ثلاث فتحات وثلاث دلائل للمقياس س ومثلها للمقياس من وتقرأ جميعها ويؤخذ المتوسط أثناء العمل .

وثبتت أقراص داخل المثنتين قبل شروق الشمس بنحو ساعة والسبب في تحديد هذا الوقت سأذكره فيما بعد . وجعلت هذه الأقراص أفقية بواسطة روح تسوية مبين بأشكال ( ١٤٦١٤ ب ) على مقاطع مختلفة الارتفاع هذه الأقراص عليها ست نقط ارتكاز ١ ٦ ب ٦ ح تكون مجموعة مع بعضها ٦ ع ٦ و ٦ م تكون مجموعة أخرى مع بعضها وبوضع نقط ارتكاز السكليينومتر الثلاث مرة على ١ ب ح ومرة على ع و م نحصل على الميل في الاتجاهين المتعامدين ١ م ٦ م ك شكل ( ١٥٦١٥ ب )

والقرص له غطاء ان غطاء داخلي لمنع الأتربة عن نقط الارتكاز وآخر خارجي لمنع أى صدمات عن الأقراص وقد ثبت بكل مثذنة سبع أقراص فعلى المثذنة البحرية ثبب اثنتان نمرة ١٣٤ ١٤٢٦ عند المقطع ا تحت الطنف الأعلى مباشرة ونمرة ١٦٠ عند المقطع ف ٦ نمرة ١٥١ عند ح ٦ نمرة ١٤٥ عند و ٦



نمرة ١٤٩ عند هـ ٦ نمرة ١٤١ عند دى شكل (١٦) والسبب في وضع الأقراص داخل المثدنتين كي لا تؤثر حرارة الشمس والريح على الكلينومتر مباشرة وبذلك نضمن أن ما نقرأه على الكلينومتر مسبب عن ميل المثدنتين فقط ووضعت مزولة لرصد اتجاه أشعة الشمس أثناء النهار شكل (١٧) وثبتت آلة لرصد سرعة الريح وأخرى لاتجاهه أثناء اليوم كله شكل (١٨) .

ونرى من شكل (١٩) الكلينومتر وهي في صندوقها المفتوح وبجوارها روح التسوية المستعمل في جعل الأقراص أفقية عند تثبيتها ونرى أحد الأقراص وعليه الغطاء الداخلى فقط والغطاء الخارجى منزوعا وفي شكل (٢٠) نرى أحد الأقراص في موضعه وعليه غطاءه .

وفي شكل (٢١) نرى نفس القرص والغطاء الخارجى منزوعا .

وفي شكل (٢٢) نرى القرص والغطاء الداخلى منزوع أيضا أى أن القرص مستعد لوضع الكلينومتر عليه .

وفي شكل (٢٣) نرى القرصين ١٣٤ ٦ ١٤٢ في أعلى المثدنة البحرية وغطاؤهما منزوعان والكلينومتر موضوع على أحدهما لقياس الميل وفي نفس الشكل نرى البوصلة التى استعملت لقياس الاتجاهات التى وضع فيها الكلينومتر ثم وضع الكلينومتر على كل قرص في الوضعين الموضحين بشكل ١٥ ب . وأخذت ثلاث قرارات لكل وضع ومن متوسط هذه الثلاث قرارات حسب مقدار واتجاه محصله الميل لكل مقطع وضع فيه قرص .

أما حساب محصله الميل فهو من حساب المثلاثات الكروى كالآتى :

جنام = جنام<sub>١</sub> جنام<sub>٢</sub> .

بفرض م أكبر محصلة الليل ٦ م الميل في اتجاه ١ س ٦ م الميل في الاتجاه م ك .

٦ م اتجاه هذه المحصلة مع اتجاه الميل م ، نحصل عليه من حساب المثلثات الكروي كالآتي : —

$$\text{ظا م} = \frac{\text{ظا م}_2}{\text{جا م}_1} \quad \text{شكل ٢٤}$$

بعد تثبيت الأقراص بدى الرصد بالكلينومتر عند شروق الشمس واستمر الرصد لغاية شروق الشمس في اليوم التالى أى لمدة ٢٤ ساعة وكانت الارصاد تؤخذ على جميع الأقراص في وقت واحد تقريبا وبعد فترات معينة

وكانت النتائج كالآتي شكل (٢٥) قبل شروق الشمس وضع الكلينومتر على الأقراص فوجدت جميعها أفقية ولكن بعد نحو ساعة من شروق الشمس بدأت فقاعة الكلينومتر تتحرك وتخرج عن موضعها الصواب . أى أنه حصل ميل بالأقراص وهذا هو سبب وضع الأقراص في المبدأ قبل شروق الشمس واستمر هذا الميل يزداد بسرعة في اتجاه أشعة الشمس لغاية الساعة ٣٠ ٨ صباحا إذ كان الميل في كل من القرصين المثبتين عند الطنف الأعلى حوالى ٩٥° واستمر الميل في الازدياد في نفس الاتجاه تقريبا حتى وصل الى ١٢٢° عند الساعة ٣٥ ١٠ صباحا ثم بدأ الميل يتناقص حتى عاد إلى ٩٥° حوالى الساعة ١٢ صباحا واستمر في النقصان حتى أصبح ٦٠° في الساعة ٢ بعد الظهر ثم نقص الى ٢٠° عند الساعة الرابعة بعد الظهر أى عند غروب الشمس تقريبا

وإذا تأملنا نرى أن هذه الحركة تكاد تنطبق على اتجاه أشعة الشمس

أثناء النهار ويتضح لنا أيضاً من شكل (٢٥) أن التغير في الميل من شروق الشمس إلى الساعة الرابعة بعد الظهر غير منتظم مع الوقت بل يكبر التغير حوالي الساعة ٣٠ ٨ عندما يكون الفرق في درجة الحرارة بين الجانب المعرض للشمس والجانب المقابل له أكبر ما يمكن .

وهذا الفرق يبلغ أقصى قيمة وقدرها ٥° عند الساعة ٣٠ ٨ تقريباً حركة المثلثة هذه من شروق الشمس إلى غروبها تظهر لنا غريبة خصوصاً أنها تبدأ بصفر ثم تزايد حتى الساعة ٣٠ ١٠ صباحاً ثم تصغر حتى الساعة الرابعة بعد الظهر والحركة تأخذ اتجاه الشمس . هذا في الواقع ليس بغريب لأننا لو أحضرنا قضيباً طوله  $l$  وسمكه  $s$  وثبتنا أحد طرفيه وسخننا الجانب منه حتى أصبحت درجة حرارته مرتفعة عن الجانب المقابل بقدر  $t$  فينحني القضيب ويأخذ شكل (٢٦) ويميل مقطعه  $ab$  عن الأفق بزاوية قدرها  $\alpha$

$$\frac{s \times t \times l}{s \text{ جا } \alpha} = 1 \quad \text{بفرض } s \text{ معامل التمدد وهذا } = 10^{-6} \times 8 \times 39$$

للصخور المبنى منها المثلثتان

ولو فرضنا  $t = 50^\circ$   $l = 39$  متراً طول المثلثة لنفاية الطنف الأعلى

$$6 \text{ سم} = 3 \text{ متر سمكها} \therefore \alpha = \frac{39 \times 50 \times 10^{-6} \times 8}{3 \text{ جا } \alpha} = 110$$

عند الطنف الأعلى للمثلثتين وهذا يتفق مع ما وجد بواسطة الكلينومتر بشكل (١٦).

إذن حركة ميل المثلثتين من بعد شروق الشمس بقليل إلى حوالي غروبها

سببه اختلاف درجة حرارة جانبي المثلثة وهذا الاختلاف سببه الشمس . أما من الساعة الرابعة فيعمل الريح الذى يهب غالباً من الشمال تقريباً وحدة عمله الآلى الشديد فتبيل المثلثة نحو الجنوب تقريباً أى مع اتجاه الريح حتى الساعة السابعة مساءً حيث يبلغ ميل مقطع المثلثة عند الطنف الأعلى حوالى ٢٠° — بعد ذلك تقل شدة الريح ويعمل الريح عمله من وجهة الحرارة إذ يهب ريح ضعيف فيبرد الوجه المعرض له عن الوجه المحجوب عنه فينشأ فرق فى درجة الحرارة بين هذين الجانبين فتتحرك المثلثة نحو الجانب البارد أى نحو الشمال تقريباً من الساعة ١٢ مساءً إلى قبيل شروق الشمس حيث تعود القراءة على السكليمتر إلى صفر أى تعود الأقراص أفقية ثانياً قبل شروق الشمس بنحو ساعة .

إذن حركة المثلثة من حوالى الساعة الرابعة بعد الظهر إلى نحو شروق شمس اليوم التالى جزء منها سببه التأثير الآلى للريح واتجاهه من الشمال إلى الجنوب وقترته من الساعة الرابعة بعد الظهر إلى الساعة بعد الظهر وجزء مسبب من عمل الريح من ناحية الحرارة واتجاهه من الجنوب إلى الشمال ويبدأ حوالى الساعة الثانية عشر مساءً إلى ما قبل شروق الشمس حيث تعود الأقراص إلى وضعها الأفقى ثانياً

إذن الحركة الدورية اليومية للمثلثة هى الميل نحو الغرب لغاية الساعة ١٠ ونصف صباحاً بمقدار ٦٠° ثم العودة إلى ميل بسيط نحو الساعة الرابعة ثم الميل إلى الجنوب لغاية الساعة السابعة مساءً بنحو ١٠° ثم الرجوع إلى الوضع الأفقى من الساعة ١٢ إلى ما قبل شروق الشمس — أى أنه قبل هدم القباب والمعقود كان لكل من المثلثتين حركتان الأولى فى اتجاه واحد وكان سببها الضغط الأفقى من تصدع المباني وهذا الميل كان اتجاهه فى المثلثة البحرية نحو الشمال وكان

يتزايد إذ بلغ ١٨ر٩٤ سم في مايو سنة ١٩٣٤ والحركة الثانية حركة دورية يومية سببها الشمس والرياح واتجاهها في المئذنتين نحو الغرب تقريبا وتكون صفراً قبل شروق الشمس بمحوالى ساعة ثم تزايد حتى تصل إلى ١٣ ملليمتر تقريبا نحو الساعة العاشرة والنصف صباحا ثم تتناقص حتى تتلاشى قبل شروق الشمس بنحو ساعة في اليوم التالى — أما بالنسبة للمئذنة القبلية فكانت حركتها الأولى المسببة من الضغط تزايد حتى بلغت ٢٥ر٢٠ سم في مايو سنة ١٩٣٤ وكان اتجاهها نحو الغرب والحركة الثانية الدورية اليومية التى سببها الشمس والرياح فأتجاهها نحو الغرب وتبدأ بصفر قبل شروق الشمس ثم تزايد حتى تصل ١٣ ملليمتر تقريبا نحو الساعة العاشرة والنصف صباحا ثم تتناقص حتى تتلاشى قبل شروق الشمس بنحو ساعة في اليوم التالى شكل (٢٧)

وبعد هدم القباب والعقود زال الضغط الأفقى فرجعت المئذنتان إلى الخلف وأصبح بالمئذنة البحرية ميل ثابت قدره ٨٠ر١٨ سنتيمترا نحو الشمال وبالمئذنة القبلية ٩٠ر١٨ سنتيمترا نحو الغرب حسب ما رصدته في مايو سنة ١٩٣٥ وأصبح لكل من المئذنتين حركة واحدة فقط وهى الحركة الدورية اليومية المسببة من الشمس والرياح ، والواقع أن جميع المآذن والأبراج بمصر وغيرها لكل منها حركة دورية يومية طالما طلعت الشمس وهب الريح

إذن قبل هدم القباب والعقود عند ما كنت أقيس الميل الأصىلى فى المئذنتين كانت الحركة الدورية اليومية تؤثر على النتيجة فى المئذنة القبلية لأن الحركة اليومية كما نراها من شكل (٢٧) كانت فى اتجاه ميل المئذنة الأصىلى ، أما فى المئذنة البحرية فكان اتجاه هذه الحركة الدورية عموديا على اتجاه الميل الأصىلى

لتلك المثذنة فلم تؤثر على نتيجة الارصاد وبما أنى قست الميل الاصلى مسنة ١٩٣٢ ١٩٣٣ ١٩٣٤ ١٩٣٥ فى نفس الشهر واليوم والوقت تقريبا فالزيادات أو النقص فى الميل الاصلى بين سنة وأخرى لا دخل فيها للحركة اليومية أى أن الشمس والريج لا تأثير لها على الفروقات أى فى الزيادة أوالنقص فى الميل الاصلى للمثذنتين من سنة إلى أخرى

حساب الميل مقدراً بالمسافة الأفقية التى يتحركها مركز القطاع عن الخط الرأسى المار بمركز قاعدة المثذنة

$$\begin{aligned} \text{من شكل ٢٨ البعد } s_n &= \text{مقدار تحرك مركز المقطع النوى} \\ s_n &= s_1 + s_2 + \dots + s_n - s_1 + s_2 \\ \text{ولكن } s_n &= 4,84 \times 10^6 \times s_1 \times c_n \\ \frac{s_1 + s_2}{2} &= s_1 \end{aligned}$$

ع<sub>١</sub> ع<sub>٢</sub> ع<sub>٣</sub> ع<sub>٤</sub> معلومة على المثذنة ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩  
مقاسه بالكلينومتر

نحسب آ<sub>١</sub> آ<sub>٢</sub> آ<sub>٣</sub> آ<sub>٤</sub> آ<sub>٥</sub> آ<sub>٦</sub> آ<sub>٧</sub> آ<sub>٨</sub> آ<sub>٩</sub> ومنها نحسب س<sub>١</sub> س<sub>٢</sub> س<sub>٣</sub> س<sub>٤</sub> س<sub>٥</sub> س<sub>٦</sub> س<sub>٧</sub> س<sub>٨</sub> س<sub>٩</sub>

ومن هذه نحسب س<sub>١</sub> س<sub>٢</sub> س<sub>٣</sub> س<sub>٤</sub> س<sub>٥</sub> س<sub>٦</sub> س<sub>٧</sub> س<sub>٨</sub> س<sub>٩</sub> أى يمكننا رسم منحى الترخم شكل ١٦ ، وفى هذا الشكل نرى منحى الزوايا ميل المقاطع عن الافق بالثنوائى لمجموعتين من الارصاد على المثذنة البحرية — المجموعة الاولى أخذت حوالى الساعة ١١ ٤٠ والثانية حوالى ١٢ ٢٠ وموضحة بشكلى (١٦ ، ١٧) حيث الميل أكبر ما يمكن فى هذه الفترة ونرى بشكلى (١٦) مواضع الاقراص آ<sub>١</sub> آ<sub>٢</sub> آ<sub>٣</sub> آ<sub>٤</sub> آ<sub>٥</sub> آ<sub>٦</sub> آ<sub>٧</sub> آ<sub>٨</sub> آ<sub>٩</sub>

كما نرى أيضا أن كل قرص يكون أفقيا قبل شروق الشمس ثم يميل بزاوية ١  
بعد الشروق وتبلغ  $\hat{\alpha}$  عند الطنف الاعلى في المتوسط ١٨° والترحيم ١٢٤ ملليمتر  
ومن منحني الترخيم نعين نقطة (و) التي ليس بها حركة باعتبار المنحني قطع  
مكافئ هذه النقطة واقعة على منسوب ٢٥٣٠ متر أى فوق سطح حيطان المسجد  
بمتر ونراها واقعة في قاعدة المثانة وهذا يتفق مع ارضاد القرص ثمرة ١٤١ عند  
(ى) حيث لم يزد الميل عن ١٠° وهذا بسيط جدا ويتفق أيضا مع ما قُت به  
من ارضاد بالتودوليت لايجاد الميل الاصلى .

والواقع أن قاعدة المثانة من منسوب صحن المسجد إلى ٢٥٣٠ كانت ثابتة  
ولم يؤثر فيها رفض العقود ولم تسبب الشمس والريح حركة دورية يومية بخلاف  
قصبة المثانة

وبالرجوع إلى شكل (٢٥) نرى

أولا — الحركة الدورية اليومية أثناء الأربع والعشرين ساعة لمركز كل  
المقاطع المعينة وهذه الحركات تتفق في الشكل وتختلف فقط في المدى فيزداد  
المدى كلما ارتفع المقطع عن قاعدة المثانة .

ثانيا — نرى ديجراما لمواقع الشمس أثناء النهار

ثالثا — ديجراما لدرجة حرارة جانب المثانة المعرض للشمس ودرجة حرارة  
الجانب المحجوب عنها ومنه نرى أن الفرق يبلغ ٥° حوالى الساعة ٣٠ ٨

رابعا — نرى ديجراما لسرعة الريح واتجاهه أثناء معظم اليوم وكذا درجتي  
حرارة جانب المثانة المعرض للريح والجانب المحجوب عنه

خامسا — قد وضع في أعلى المثلثة قرصان ١٣٤ ١٤٢ ٦ لأهمية هذا الموضع حيث الميل أكبر عن غيره

سادسا — لم تنطبق حركتنا هذين القرصين كما هو الواجب والسبب راجع لتأثير الحديد على البوصلة من جهة ومن جهة أخرى عدم قراءة الكلينومتر في وقت واحد لعدم وجود أكثر من كلينومتر واحد

سابعا — مقدار ميل المثلثة المسبب من الشمس يتوقف على الفرق بين درجتى حرارة جانبي المثلثة

واتضح لنا انه في امكاننا استكشاف أى حركة في المثلثة أثناء اليوم متى كانت هذه الحركة لا تقل عن ١,١٣ مم في أعلى المثلثة أو بمقايير أخرى أننا على علم تام بحركة المثلثتين وانه في امكاننا مراقبة أى حركة تحصل مهما كانت هذه الحركة بسيطة طالما لا تقل عن ١,١٣ مم وهذا أقصى ما يسعى المهندس لمعرفة المحافظة على المثلثتين أثناء الترميم .

ثامنا — الحركة الدورية اليومية لكل من المثلثتين لا تزيد عن ١٣ ملليمتر وهذه بسيطة جدا ولا خوف منها وهى لا بد حاصلة طالما تطلع الشمس ويهب الريح ولوحظت في انشاءات عالية كثيرة كما هو الحال في ناطحات السحاب المصنوعة من الصلب حيث تبلغ الحركة في بعضها ٦٠ سنتيمترا

ثامسا — لا بد من معرفة مقدار الحركة الدورية اليومية للمثلثتين باستمرار حتى يمكننا استكشاف أى تغير في الميل الاصلى فيهما ليتبين لنا تأثير عمليات ترميم المسجد أثناء تنفيذها وبعد اتمامها

عاشرا — يجب إذا أردنا معرفة الميل الاصلى في المثلثتين أن لا نعمل أرصادا بالتبؤدوليت بين شروق الشمس والساعة الرابعة والنصف مساء حيث



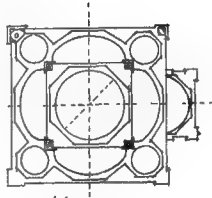
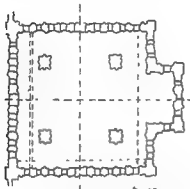
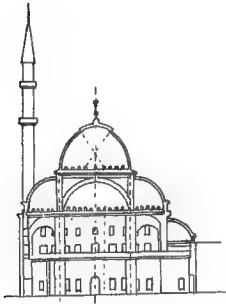
في هذه الفترة تكون الحركة اليومية الدورية المسببة من أشعة الشمس في أقصى حدها وأحسن وقت للرصد بالتيودوليت هو ساعة أو اثنين قبل شروق الشمس حيث تأثير الشمس والرياح يكاد ينعدم كلية في هذا الوقت من النهار

وختاماً أشكر حضراتكم تفضلكم بالحضور كما أتى أشكر حضرات أعضاء لجنة اصلاح المسجد والمقاولين روبرتلتز ولينهارد ومهندسهما المستر جوبلر على ما أمدوني به من معلومات ورسومات قيمة في هذا الموضوع .

امام سمبامه

الاستاذ بكلية الهندسة

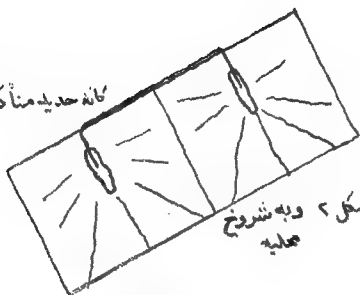




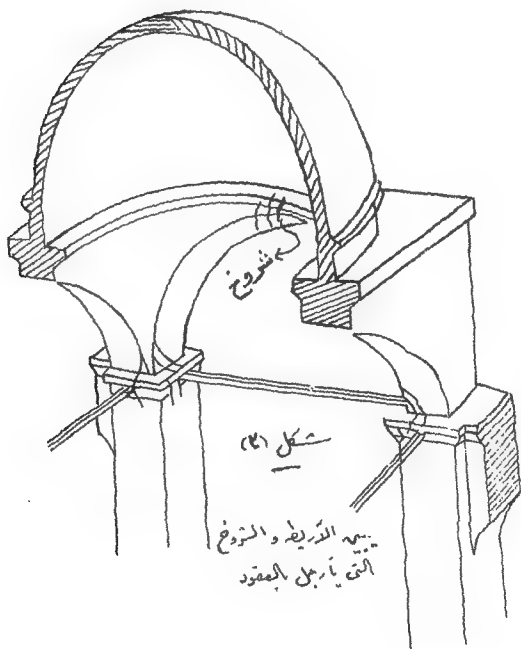
شكل (١) يبين الاجزاء الرئيسية للجامع



كأنه حديد من أكسده



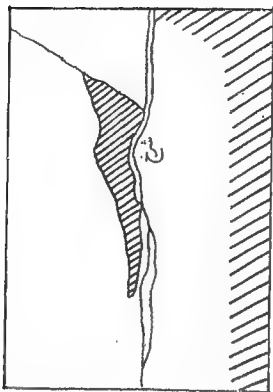
شكل ٢ وبه شقوق  
محلية



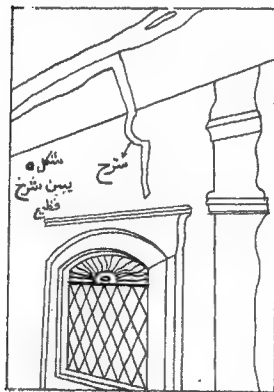
شكل ٣

بيد الدريه والشرخ  
التي ياربى بالمقود



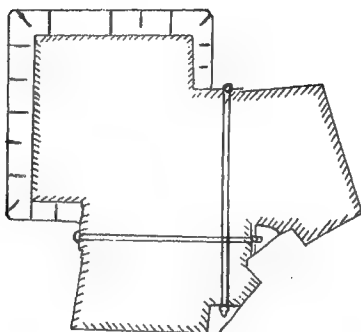


شكل ٤ — شرح في إحدى الزوايا الرئيسية للجامع

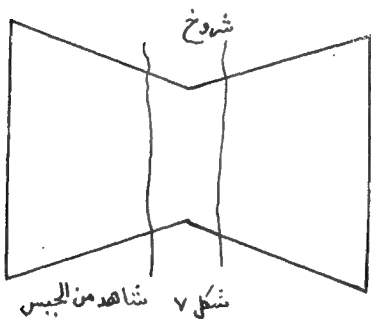






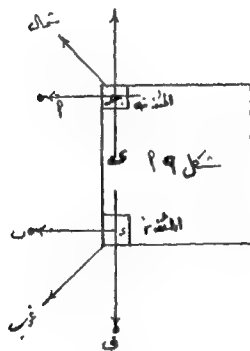
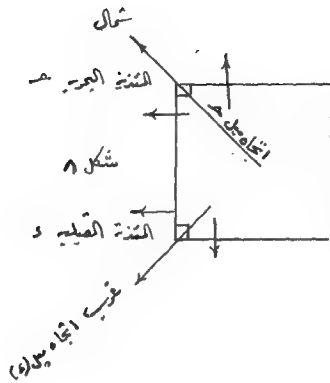


شكل (٩)  
 يبين محاولة تقوية قسم الدرع  
 الرئيسة الرئيسة

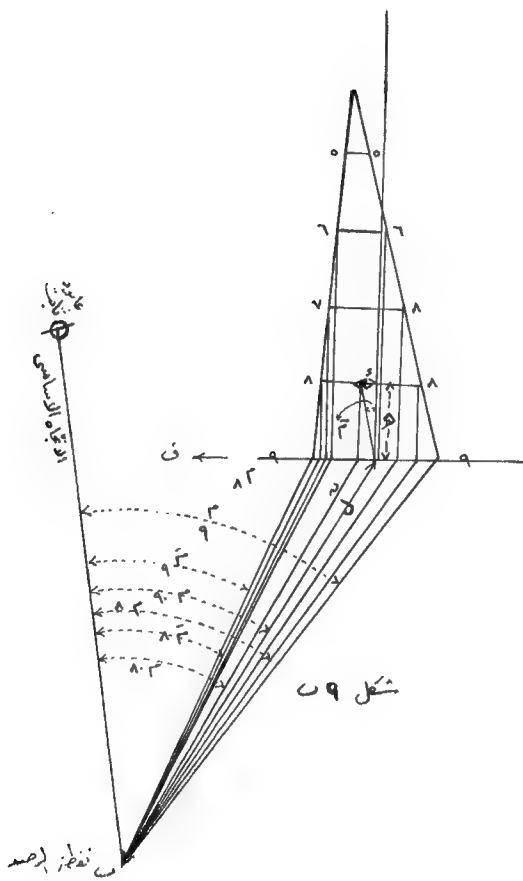


شكل ٧ شاهد من الجبس

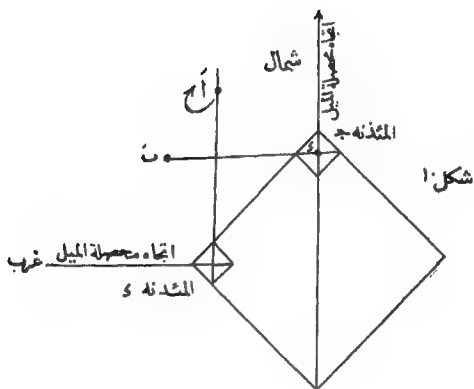








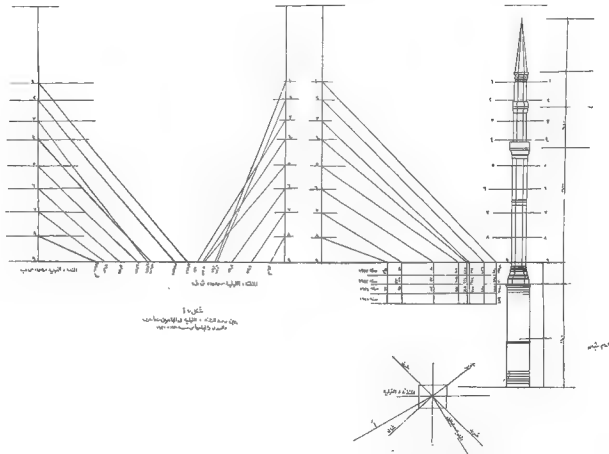




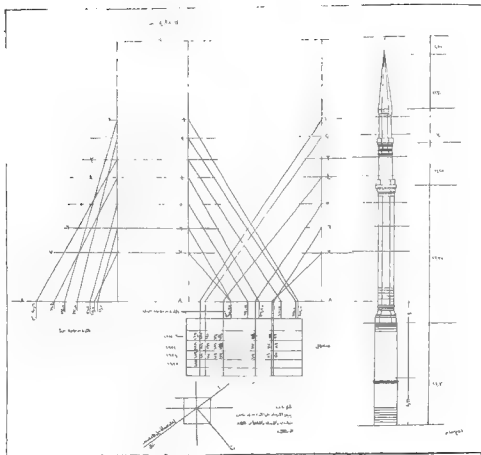




## الكتابة والنقد















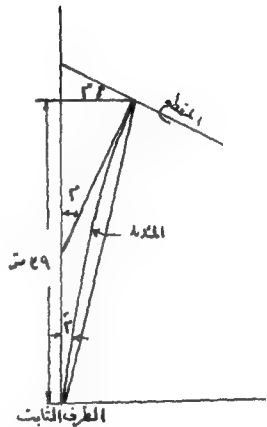




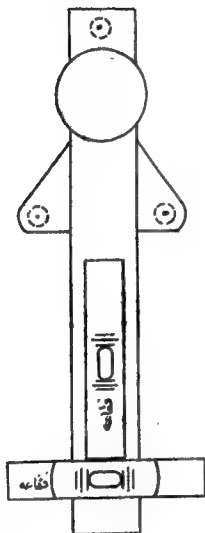
### دقة الطيوسن

يفرض خطأ قدره قسم واحد أو ثانیه  
 $2 \times 10^4 \times 8.4 \times 10^{-4} \times 10^4$  قسم  
 $2 \times 10^4 \times 8.4 \times 10^{-4} \times 10^4$  قسم  
 و ان الخطأ في الطيف الاعلى  
 بفرض عدم تدوير الفقاعة

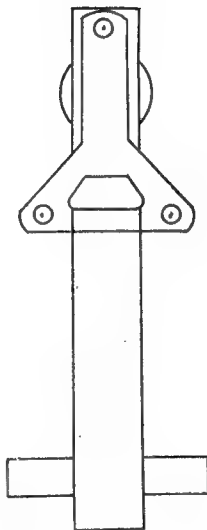
الخطأ الحقيقي في تقدير الميل بالطيوسن  
 لمرحوا الى 10 ثانیه وهو يساوى  
 $2 \times 10^4 \times 8.4 \times 10^{-4} \times 10^4$  قسم  
 وبه ان سم : كج  
 الخطأ :  $2 \times 10^4 \times 8.4 \times 10^{-4} \times 10^4$  قسم  
 و ان الخطأ في الطيف الاعلى





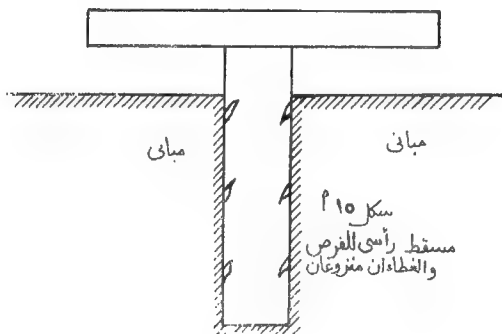
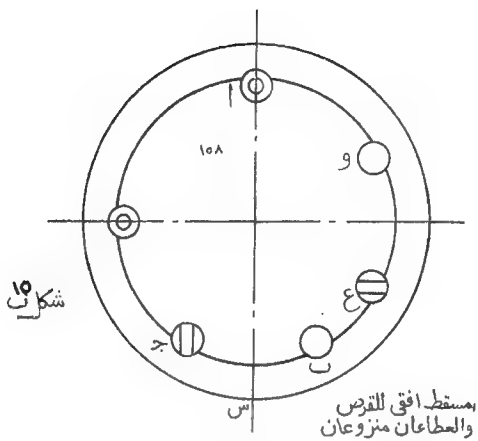


روح التسوية في وضعه العادي  
شكل ١٤ ب

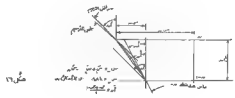
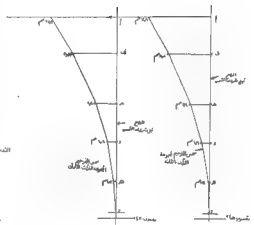
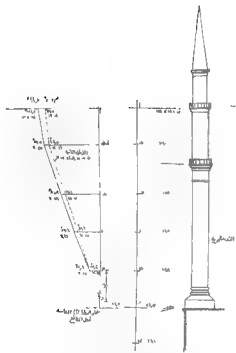


روح التسوية المستعمل لوضع  
الأقراص افقيه وهو مقلوب  
لاظهار نقط ارتكاز الثلاث  
شكل ١٤ أ



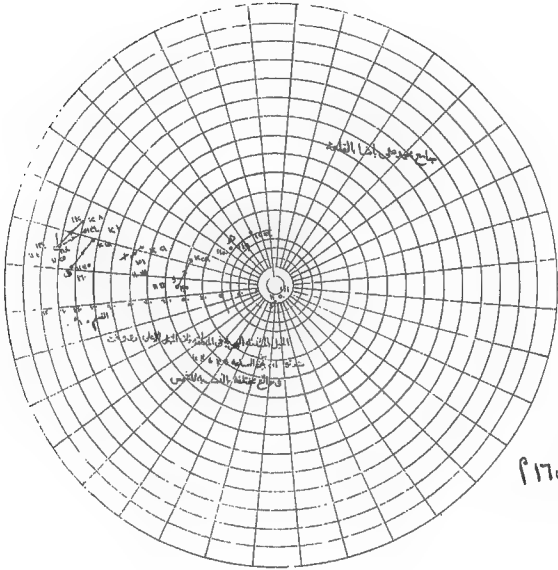










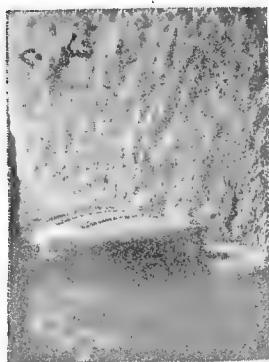


شكل ١٦







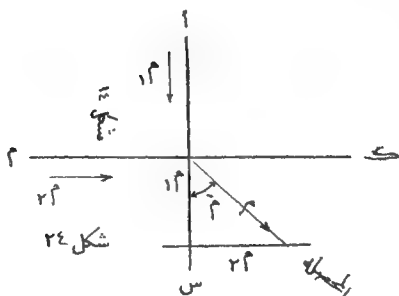




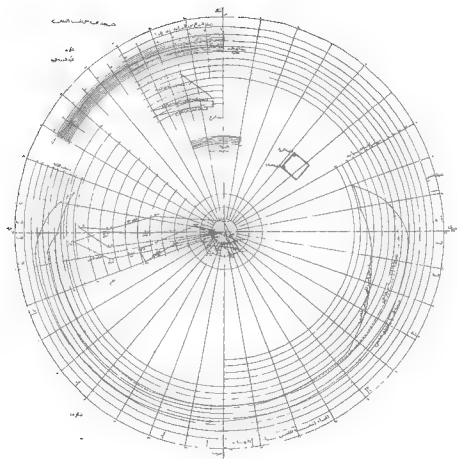










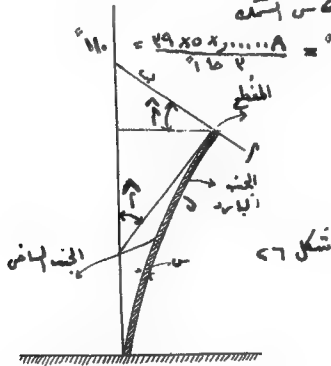




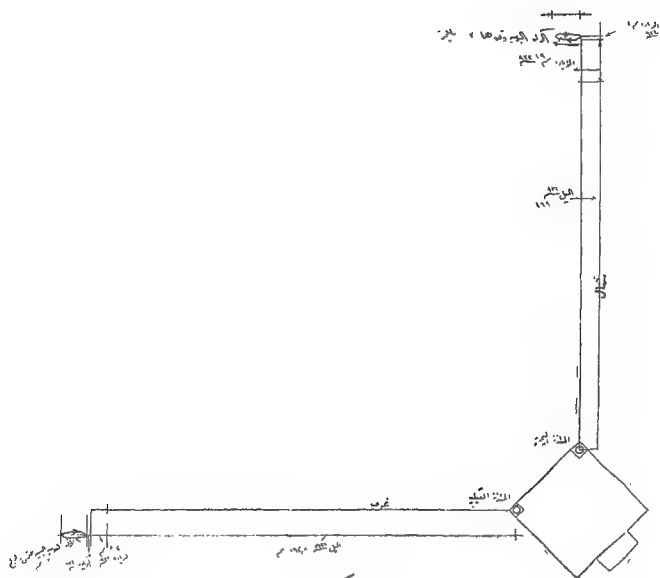
$$\hat{A} = \frac{\text{عورت دل}}{\text{س ما ۱}}$$

بفرض مسئلہ بقدر مات وزن درجہ ۱۱۰  
کس استه

$$\hat{A} = \frac{29 \times 0 \times \dots \times 0}{\text{س ما ۱}} = 110$$



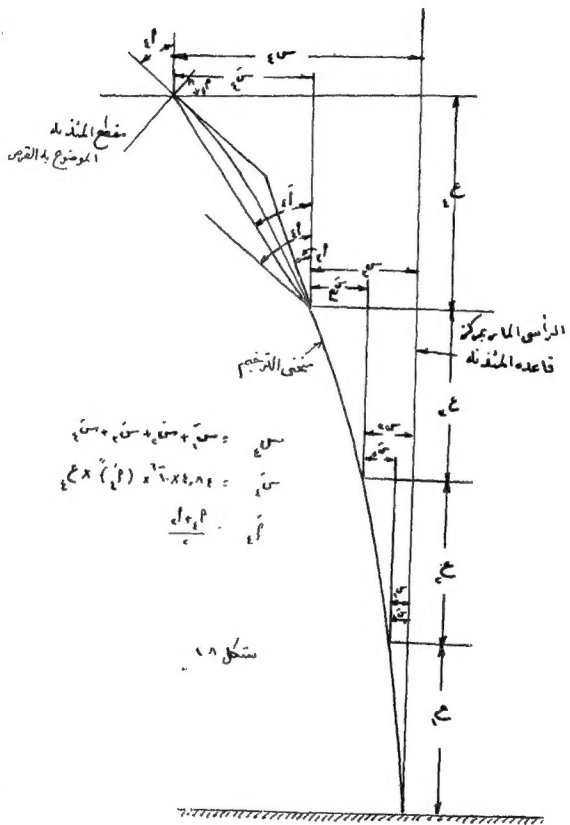




شكل ٢٧







$$\begin{aligned}
 & \text{س} = \text{س}_1 + \text{س}_2 + \text{س}_3 + \text{س}_4 \\
 & \text{س}_1 = \text{س}_2 \times \left( \frac{\text{ع}_1}{\text{ع}_2} \right) \times \left( \frac{\text{ع}_2}{\text{ع}_3} \right) \times \left( \frac{\text{ع}_3}{\text{ع}_4} \right) \\
 & \text{ع}_1 = \frac{\text{ع}_2 \times \text{ع}_3}{\text{ع}_4}
 \end{aligned}$$

شكل ١٨





